

УДК 631.314.4

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ ПОЧВЫ ПО РАБОЧЕЙ
ПОВЕРХНОСТИ СФЕРИЧЕСКОГО ДИСКА**

Киргизов Хусниддин Тургунбоевич, к.т.н., доцент,
НамИСИ, Республика Узбекистан

Нуриддинов Акмалжон Давлаталиевич, к.т.н., доцент,
НамИСИ, Республика Узбекистан

**STUDY OF THE MOVEMENT OF SOIL PARTICLES ON THE WORKING
SURFACE OF A SPHERICAL DISK**

Kirgizov Khusniddin Turgunboevich, PhD, Associate Professor,
NamECI, Republic of Uzbekistan

Nuriddinov Akmaljon Davlatalievich, PhD, Associate Professor,
NamECI, Republic of Uzbekistan

Аннотация: В статье анализируются сферические диски в качестве рабочих органов дисковых плугов, луцильников и борон, и взаимодействие их с почвой. Рассмотрены движение частиц почвы по рабочей поверхности диска, в этом сферический диск замененных конусным диском с тем же углом « φ » при вершине.

Abstracts: The article analyzes spherical discs as working bodies of disc plows, cultivators and harrows, their interaction with the soil. The movement of soil particles along the working surface of the disk is considered, in this case the spherical disk is replaced by a conical disk with the same angle “ φ ” at the top.

Ключевые слова: диск, сферический диск, рабочий орган, плуг, луцильник, борон, почва.

Keywords: disk, spherical disk, working body, plow, cultivator, harrow, soil

Сферические диски широко применяются в качестве рабочих органов дисковых плугов, луцильников и борон. Однако, взаимодействие их с почвой до сих пор недостаточно изучено [1–5].

В процессе работы частицы почвы поднимаются по рабочей поверхности диска, перемещаются по ней и отбрасываются в сторону.

Рассмотрим движение частиц почвы по рабочей поверхности диска [6-10]. Для этого сферический диск заменим конусным диском с тем же углом « φ » при вершине. Частицы почвы, находящиеся на поверхности диска, совершают сложное движение: переносное вращательное вместе с диском и относительное по диску. В результате частицы, поступившие на поверхность диска, начнут двигаться по некоторой траектории « S_a » в абсолютном и по некоторой траектории « S_r » в относительном движении (рис. 1). Абсолютная скорость движения частиц почвы на поверхности диска представляет собой геометрическую сумму переносной скорости V_e и относительной V_r [11-15].

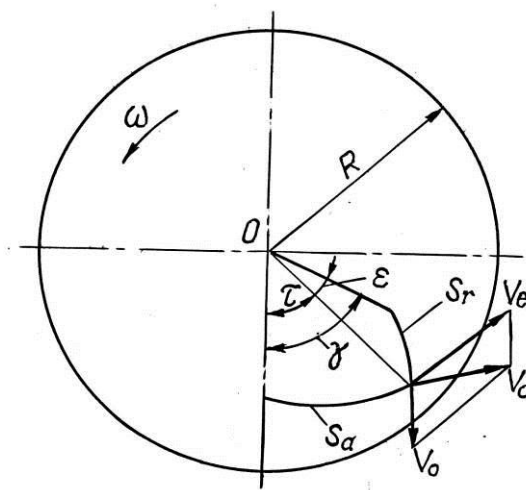


Рис.1. Схема движения частиц по поверхности диска

Положение частиц почвы на поверхности диска в любой момент времени определяется двумя параметрами: угловым перемещением частиц почвы в абсолютном движении « τ » и радиусом-вектором « r ». Их примем за обобщенные координаты.

На частицу почву, расположенную в некоторой точке А поверхности диска, действуют следующие силы (рис. 2):

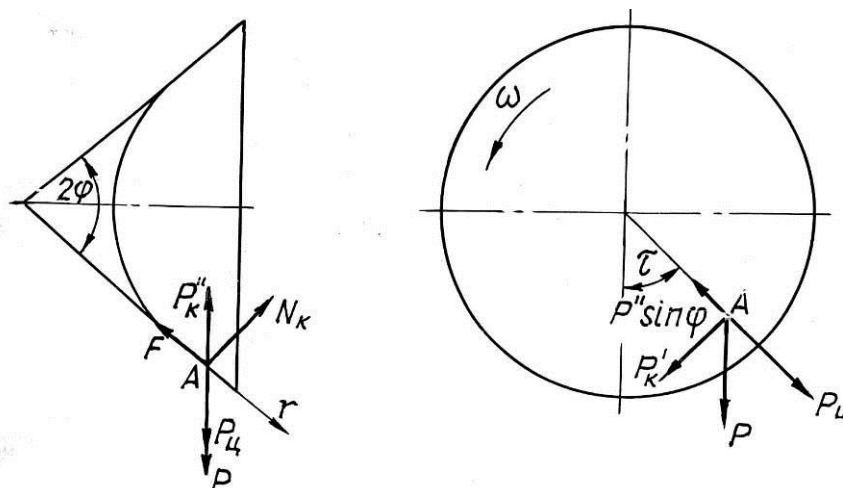


Рис. 2. Схема сил, действующих на частицу почвы

$P=mg$ – сила тяжести,

$P_{ц}=m(\dot{\tau})^2 r \sin \varphi$ - центробежная сила инерции, вызванная переносным вращательным движением с угловой скоростью « ω »;

$P'_k=2m \dot{r} \dot{\tau} \sin \varphi$ - сила Кориолиса, возникающая в результате вращательного движения диска с угловой скоростью « ω » и относительного движения вдоль радиуса- вектора;

$P''_k=2m r \dot{\varepsilon} \omega$ - сила Кориолиса от составляющей $r \dot{\varepsilon}$ полной относительной скорости;

$F=fN_k$ – сила трения;

$N_k=mg \cos \tau \cos \varphi + P_{ц} \cos \varphi - P''_k \cos \varphi$ - нормальная реакция диска или

$$N_k=mg \cos \tau \cos \varphi + m r (\dot{\tau})^2 \sin \varphi \cos \varphi - 2m r \dot{\varepsilon} \omega \cos \varphi, \quad (1)$$

где ε - угловое перемещение частицы в относительном движении;

f – коэффициент трение почвы о материал диска.

Пользуясь принципом Даламбера составим уравнение относительного движение частицы по поверхности диска:

$$m \ddot{r} = mg \cos \tau \cos \varphi + m r (\dot{\tau})^2 \sin^2 \varphi - 2m r \dot{\varepsilon} \omega \sin \varphi - f N_k \cos \varphi, \quad (2)$$

$$m\ddot{\varepsilon} = mg \sin \tau - 2m\dot{r}\dot{\tau} \sin \varphi - fN_k \sin \psi, \quad (3)$$

$$\text{где } \cos \psi = \dot{r} / \sqrt{(\dot{r})^2 + (\dot{\varepsilon})^2} \text{ и } \sin \psi = r\dot{\varepsilon} / \sqrt{(\dot{r})^2 + (r\dot{\varepsilon})^2}.$$

Принимая во внимание, что $\tau = \gamma - \varepsilon$ (где $\gamma = \omega t$ -угловое перемещение диска), имеем

$$\dot{\tau} = \omega - \dot{\varepsilon} \quad \text{и} \quad \ddot{\tau} = -\ddot{\varepsilon}.$$

С учетом этого и выражение (1) дифференциальные уравнение относительного движения частицы будут иметь вид

$$\begin{aligned} \ddot{r} = & g \cos(\gamma - \varepsilon) \sin \varphi + r(\omega - \dot{\varepsilon})^2 \sin^2 \varphi - 2r\dot{\varepsilon}\omega \sin \varphi - \\ & - f [g \cos(\gamma - \varepsilon) \cos \varphi + r(\omega - \dot{\varepsilon})^2 \sin \varphi \cos \varphi - 2r\dot{\varepsilon}\omega \cos \varphi] \cdot \\ & \cdot \frac{\dot{r}}{\sqrt{(\dot{r})^2 + (r\dot{\varepsilon})^2}} \end{aligned} \quad (4)$$

$$r\ddot{\varepsilon} = g \sin(\gamma - \varepsilon) - 2\dot{r}(\omega - \dot{\varepsilon}) \sin \varphi - f [g \cos(\gamma - \varepsilon) \cos \varphi + r(\omega - \dot{\varepsilon})^2 \sin \varphi \cos \varphi - 2r\dot{\varepsilon}\omega \cos \varphi] \cdot \frac{r\dot{\varepsilon}}{\sqrt{(\dot{r})^2 + (r\dot{\varepsilon})^2}} \quad (5)$$

Уравнения (4) и (5) являются обобщенной системой дифференциальных уравнений относительного перемещения частиц по шероховатой поверхности диска. Она является системой нелинейных неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка, решение которых в обычных функциях не представляется возможным. Система уравнений (4) и (5) может быть решена численными методами, например, методом Рунге-Кутты [4].

Вращение диска происходит за счет его качение по почве. Поэтому частицы почвы, находящиеся на поверхности диска, подпираются потоком почвы и практически не перемещаются по касательной к дуге окружности диска траектории. В силу этого предположим, что частицы почвы в относительном движении перемещаются только в радиальном направлении, т.е.

$\tau = \gamma$ и $\dot{t} = \omega$. В том случае уравнение относительного движения частицы почвы по диску будет иметь следующий вид:

$$\ddot{r} = g \cos \omega t \sin \varphi + r \omega^2 \sin^2 \varphi - f [g \cos \omega t \cos \varphi + r \omega^2 \sin \varphi \cos \varphi] \quad (6)$$

или

$$\ddot{r} - r [\omega^2 \sin \varphi (\sin \varphi - f \cos \varphi)] = g \cos \omega t (\sin \varphi - f \cos \varphi). \quad (7)$$

Вводя обозначения

$$\omega^2 \sin \varphi (\sin \varphi - f \cos \varphi) = k^2$$

И

$$g (\sin \varphi - f \cos \varphi) = A,$$

имеем

$$\ddot{r} - k^2 r = A \cos \omega t. \quad (8)$$

Решая это уравнение и учитывая, что $f = \operatorname{tg} \varphi_T = \frac{\sin \varphi_T}{\cos \varphi_T}$ и

$\omega = V_m \cos \alpha / R$ (1) (где φ_T - угол трения почвы о материал диска, V_m -

поступательная скорость диска, R - радиус диска) получим

$$r = 0,5 \left[r_0 + \frac{R^2 g \sin(\varphi - \varphi_T)}{(V_m \cos \alpha)^2 (\cos \varphi_T + \sin(\varphi - \varphi_T))} \right] * \\ * \left[e^{\frac{V_m \cos \alpha}{R} \sqrt{\frac{\sin \varphi \sin(\varphi - \varphi_T)}{\cos \varphi_T}} t} + e^{-\frac{V_m \cos \alpha}{R} \sqrt{\frac{\sin \varphi \sin(\varphi - \varphi_T)}{\cos \varphi_T}} t} \right] - \\ - \frac{R^2 g \sin(\varphi - \varphi_T)}{(V_m \cos \alpha)^2 (\cos \varphi_T + \sin \varphi \sin(\varphi - \varphi_T))} \cos \left(\frac{V_m \cos \alpha}{R} \right) t \quad (9)$$

Пользуясь уравнением (9) можно определить относительную скорость перемещения частиц почвы по диску, момент, угол и скорость схода их с диска.

Относительная скорость определяется из уравнения

$$V_r = \dot{r} = \frac{0,5V_M \cos \alpha}{R} \left[r_0 + \frac{R^2 g \sin(\phi - \phi_T)}{(V_M \cos \alpha)^2 (\cos \phi_T + \sin \phi \sin(\phi - \phi_T))} \right]^* + \left[e^{\frac{V_M \cos \alpha}{R} \sqrt{\frac{\sin \phi \sin(\phi - \phi_T)}{\cos \phi_T}} t} - e^{-\frac{V_M \cos \alpha}{R} \sqrt{\frac{\sin \phi \sin(\phi - \phi_T)}{\cos \phi_T}} t} \right] + \frac{Rg \sin(\phi - \phi_T)}{V_M \cos \alpha (\cos \phi_T + \sin \phi \sin(\phi - \phi_T))} \sin \left(\frac{V_M \cos \alpha}{R} \right) t. \quad (10)$$

Уравнение (9) и (10) устанавливает взаимосвязь между всеми параметрами, обуславливающими движение частиц по дисковому рабочему органу.

Из анализа (9) и (10) следует, что заданных условий работы путь и скорость перемещения частиц почвы в относительном движении в основном зависит от скорости движения агрегата и угла атаки диска.

Пользуясь формулами (9) и (10) на рис.3 и 4 построены графики изменения относительного движения и относительной скорости частиц почвы при различных значениях α и следующих данных $\varphi = 60$, $r = 7,5$ см и $V_M = 1,5$.

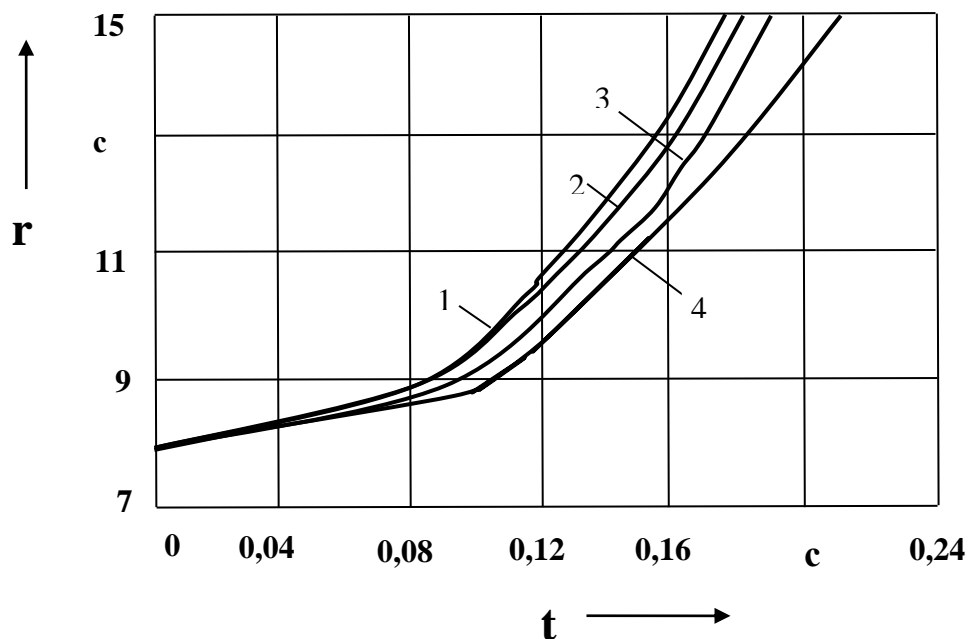


Рис. 3. Характер изменения относительного движения частицы почвы по диску при различных значениях угла α : 1...4 – соответственно при $\alpha = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ и 30°

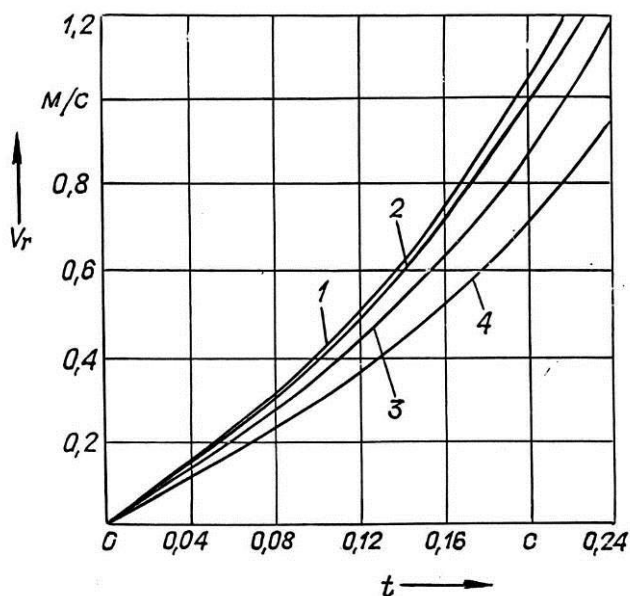


Рис. 4. Характер изменение относительной скорости движения частицы почвы при различных значениях угла α : 1...4 – соответственно при $\alpha = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ и 30° .

Из анализа представленных графиков следует, что с увеличением угла атаки α диска перемещение частиц почвы по диску замедляется.

Из уравнения (9) после постановки в него конечного значения радиуса - вектора $r = R / \sin \varphi$ находим время, в течение которого частица находится на диске. За этот промежуток времени диск повернется на угол $\gamma_1 = \omega t_1$.

Подставляя t_1 в (10) находим относительную скорость частицы в момент схода ее с диска.

Таким образом, разработанные математические модели, характеризующие движение частиц почвы по рабочей поверхности дискового рыхлителя,

позволили установить, что интенсивность воздействия его на почву зависит от угла атаки диска, его диаметра, а также скорости движения агрегата.

Библиографический список

1. Насритдинов А.А., Киргизов Х.Т. Агрегат для полосной обработки почвы// Современные научные исследования и инновация. -2015. -№12. Москва. –С. 61-69.
2. Синеоков Г.Н., Панов Н.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. М.: Машиностроение. 1977. 328 с.
3. Канарев Ф.М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия. М.: Машиностроение. 1983. 142 с.
4. Выгодский Н. М. Справочник по высшей математике. М.: Наука. 1992. 872 с.
5. Киргизов Х.Т. Угол установки почвосдвигающей пластинки к направлению движения // Современная техника и технологии. – 2016. -№6. Москва. – С. 21-24.
6. Отаханов Б.С. Киргизов Х.Т. Обоснование диаметра ротора бесприводного ротационного рыхлителя с гибким рабочим органом// Вестник развития науки и образования. -2014. -№4. Москва. –С. 8-10.
7. Киргизов Х.Т. Результаты исследований по выбору типа рабочих органов для полосной обработки// UNIVERSUM. – 2021. -№3. Москва. – С. 14-18.
8. Киргизов Х.Т. Оптимизация параметров почвосдвигающей пластинки// UNIVERSUM. – 2020. -№5. Москва. – С. 45-47.
9. Нуриддинов А. Д., Тухтабаев М. А. Выбор набора рабочих органов приспособления к плугу для обработки поверхности пашни //Экономика и социум. – 2022. – №. 10-2 (101). – С. 472-476.

10. Нуриддинов А. Д., Тухтабаев М. А. Результаты экспериментальных исследований рабочих органов приспособления к плугу //Экономика и социум. – 2022. – №. 11-2 (102). – С. 586-589.

11. Киргизов, Х. Т. (2020). Оптимизация параметров почвосдвигающей пластинки. Universum: технические науки, (5-1 (74)), 45-46.

12. Киргизов, Х. Т. (2016). Угол установки почвосдвигающей пластинки к направлению движения. Современная техника и технологии, (6), 21-24.

13. Normirzayev A. R., Nuriddinov A. D., Tukhtabayev M. A. Undercarriages impact on soil of machine-tractor units during tillage and cultivation of agricultural crops //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2023. – Т. 2612. – №. 1.

14. Тўхтабоев, М., Нуриддинов, А. Приспособления к плугу для поверхностной обработки почвы //NamMTI ilmiy-texnika jurnali. – Namangan: NamMTI, – №7(2), 2022. – С. 49-55.

15. Нормирзаев А. Р., Нуриддинов А., Валиева Г. Влияние угла атаки предплужника и скорости агрегата на дальность отбрасывания почвы //Сельский механизатор. – 2018. – №. 9. – С. 18-19.